

женной методике связан с вычислением значений функций Бесселя и интегральной показательной функции, что удобно выполнять с помощью таблиц, имеющих в [4, 6] и другой литературе по специальным функциям.

1.Ольшанський В.П., Ольшанський С.В., Ларін О.М., Фомін Є.М. Балістика крапель розпиленних вогнегасних рідин. – Біла Церква, 2006. – 124 с.

2.Кучеренко С.І., Ольшанський В.П., Ольшанський С.В., Тіщенко Л.М. Моделювання польоту крапель, які випаровуються при русі в газі. – Харків: Едена, 2006. – 203 с.

3.Ольшанський В.П., Ольшанський С.В. Нижня оцінка дальності польоту іспаряючихся крапель розпиленних огнетушащих веществ // Науковий вісник будівництва. Вип.35. – Харків: ХДТУБА, 2006. – С.188-193.

4.Абрамовиц А., Стиган И. Справочник по специальным функциям (с формулами, графиками и математическими таблицами). – М.: Наука, 1979. – 832 с.

5.Ольшанський В.П., Дубовик О.А. Вопросы внешней баллистики огнетушащих веществ. – Харьков: Митець, 2005. – 236 с.

6.Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. – М.: Наука, 1977. – 344 с.

Получено 19.03.2007

УДК 614.842

Ю.В.ЦАПКО, канд. техн. наук

Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФЛЕГМАТИЗУВАННЯ АЗОТОМ СУМІШЕЙ ПОВІТРЯ З ПРОДУКТАМИ ПІРОЛІЗУ ЦЕЛЮЛОЗОВІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наводяться результати досліджень концентраційних меж поширення полум'я в разі флегматизування азотом горючих сумішей продуктів піролізу целюлозовісних матеріалів з повітрям. Обґрунтовуються параметри флегматизування горючого середовища з метою забезпечення вибухопожежобезпеки об'єктів азотом, який одержують за мембранною технологією розділення повітря.

Причиною пожеж у складських приміщеннях є займання газоподібних продуктів термічної і термоокислювальної деструкції (водню, метану, оксиду вуглецю та ін.), які утворюються у процесі нагрівання целюлозовісних матеріалів. Ефективним способом захисту таких об'єктів є флегматизування газового середовища шляхом введення достатньої кількості газової вогнегасної речовини (ГВР) – азоту, діоксиду вуглецю тощо. Розрахунок цієї кількості має базуватися на значенні мінімальної флегматизувальної концентрації (C_{mf}) даної ГВР для газових сумішей повітря з продуктами деструкції матеріалу, який зберігається на об'єкті.

Термічну деструкцію целюлози (деревина, фанера, папір та ін.) супроводжує хімічне окиснення, що прискорюється значним підвищенням температури. В результаті цих процесів отримується

складна суміш продуктів глибокого розкладу, причому характер одержуваних продуктів залежить від умов протікання процесу розкладання і від того, на якій стадії він припиняється. Загальна властивість целюлозних матеріалів виражається в їх здатності при розкладанні виділяти легкозаймисті гази та пари і залишати в звичайних умовах твердий залишок (вугілля) як кінцевий продукт піролізу.

При нагріванні целюлозовмісних матеріалів високомолекулярні речовини, які входять до їх складу (целюлоза, лігнін, пентозани, гексозани) при високих температурах виявляються малостійкими і розкладаються. Загальний напрямок цього розкладання такий, що зі складних речовин, які володіють високою молекулярною масою, утворюються більш прості і стійкі речовини. Ці продукти можуть у свою чергу проходити подальше розкладання. Так, наприклад при температурах 350-400 °C і вище відбувається розщеплення оцтової кислоти і метилового спирту з утворенням горючих газоподібних продуктів. Початок горіння целюлозовмісних матеріалів розглянемо з використанням мнемонічної схеми “класичного трикутника горіння (пожежі)” [1], що показує взаємозв'язки між горючою речовиною (ГР), окисником (ОК) та джерелом запалювання (ДЗ) (рис.1).

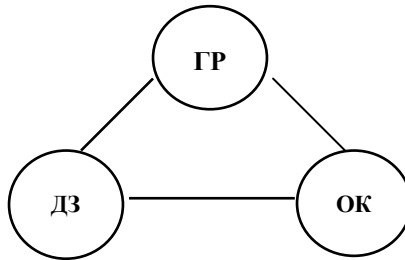


Рис.1 – Мнемонічна схема “класичного трикутника пожежі”

Будемо розглядати параметри пожежної небезпеки, коли горючою речовиною є горючі гази, окисником – повітря (точніше кисень повітря), а джерелом запалювання – відкрите полум'я. Першим параметром слід вважати температуру целюлозовмісного матеріалу при якій кількість горючих газів буде сягати концентрації, що характеризує другий параметр, а саме нижню концентраційну межу займання (НКМЗ). Таку температуру називають температурою займання (запалювання).

Метою роботи було встановити концентраційні межі області флегматизування в системі “суміш продуктів піролізу деревини – повітря –

азот” і на підставі одержаних даних обґрунтувати найбільш прийнятні умови флегматизування горючих середовищ, які утворюються в разі займання целюлозовмісних матеріалів, в тому числі з використанням азоту, який одержують за мембранною технологією розділення повітря.

В роботах [2, 3] проведено термодеструкцію зразків паперу та деревини, зібрані леткі продукти термодеструкції і проведено їх газохроматографічний аналіз. Результати газохроматографічного аналізу одержаних горючих газових сумішей наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Якісний і кількісний склад газоподібних продуктів термічної деструкції целюлозовмісних матеріалів

Компонент	Вміст компонентів у продуктах деструкції, % об.	
	паперу	соснової деревини
CH ₄	7,33	6,05
C ₂ H ₆	0,52	0,45
iC ₃ H ₈	0,05	0,19
nC ₃ H ₈	0,15	0,32
iC ₄ H ₁₀	не виявлено	не виявлено
nC ₄ H ₁₀	0,10	не виявлено
iC ₅ H ₁₂	0,03	не виявлено
nC ₅ H ₁₂	0,17	не виявлено
CO ₂	34,00	39,08
O ₂	0,84	0,26
N ₂	4,90	0,99
CO	47,26	51,93
H ₂	4,85	0,73

Як видно з табл.1, суміші продуктів термодеструкції паперу та деревини суттєво відрізняються за вмістом оксиду і діоксиду вуглецю (при цьому їх сумарна концентрація сягає 81,26% у першому випадку і 91,01% у другому) і значно менше – за вмістом інших горючих компонентів (водню і вуглеводнів). Зокрема, співвідношення концентрацій діоксиду та оксиду вуглецю у цих сумішах становлять 1,3-1,4, а сумарні концентрації горючих компонентів – 60,46 і 59,67% відповідно. Отже, слід очікувати, що для флегматизування знадобиться значна кількість вогнегасної речовини.

Така кореляція підтверджується результатами експериментального визначення мінімальних флегматизувальних концентрацій азоту для сумішей повітря з продуктами піролізу деревини та паперу (табл.2).

У випадку застосування азоту його мінімальна флегматизувальна концентрація для сумішей повітря з продуктами піролізу паперу в 1,1 раза нижча, ніж для сумішей повітря з продуктами піролізу соснової деревини.

Таблица 2 – Результати експериментального визначення концентраційних меж поширення полум'я та мінімальної флегматизувальної концентрації C_{mf} (% об.)

Горюче середовище	Концентраційні межі поширення полум'я, % об.		Значення мінімальної флегматизувальної концентрації, % об.
	нижня	верхня	азот
Суміші повітря з продуктами піролізу соснової деревини	12,8	35,1	42,5
Суміші повітря з продуктами піролізу паперу	9,8	31,2	38,7

Як видно з результатів, наведених у табл.2, для надійного запобігання пожежам і вибухам, які пов'язані з термічною деструкцією органічних матеріалів внаслідок їх нагрівання, необхідно створювати досить високі концентрації вогнегасних речовин у прилеглому газовому середовищі, незважаючи на те що продукти піролізу містять понад 50% інертного розріджувача – діоксиду вуглецю та майже 5% азоту для паперу.

Застосування розрахунково-аналітичного методу визначення флегматизувальної кривої для газових сумішей „горюча речовина – окисник – газова вогнегасна речовина” розглянемо на прикладі розрахунку концентраційних меж поширення полум'я сумішей повітря з продуктами піролізу деревини та мінімальної флегматизувальної концентрації під час флегматизування азотом [4].

Щоб отримати аналітичні вирази для всіх чотирьох ділянок, необхідно експериментально визначити координати принаймні п'яти точок: A , B , C , а також довільних точок D і E , які належать відповідно нижній і верхній гілкам кривої флегматизації.

За методикою ДСТУ 3958 [5] з використанням метрологічно атестованого обладнання експериментально визначено C_T та C_F для сумішей, яким відповідають точки A , B , C , D , E кривої флегматизації. Отримані результати наведено на рис.1 у вигляді координат відповідних точок.

На підставі експериментальних даних із застосуванням розрахунково-аналітичного методу [4] розраховано коефіцієнти, якими описується крива флегматизування суміші продуктів піролізу деревини з повітрям у разі застосування азоту як флегматизатора, область флегматизувальної кривої наведено на рис.2.

Останнім часом значна увага приділяється питанням створення на об'єктах автономних джерел дешевого азоту, який можна було б використовувати як вогнегасну речовину, зокрема для флегматизування горючих газо- і пароповітряних сумішей. Такий азот, точніше азотно-

кисневі суміші, які містять від 2 до 10 об'ємних відсотків кисню, можна отримувати за допомогою мембранних модульних установок розділення повітря. Його вартість залежить від вмісту кисню, але в усякому разі значно менша за вартість азоту, одержаного традиційним криогенним способом.

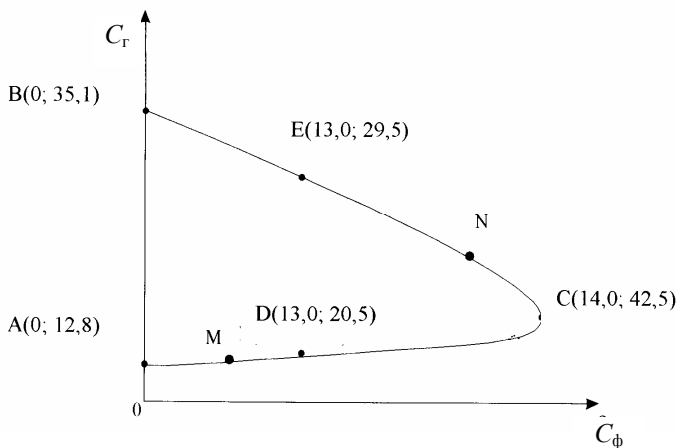


Рис.2 – Схема побудови концентраційних меж області флегматизування для системи „суміш продуктів піролізу деревини – повітря – азот”

З метою оцінки ефективності та доцільності застосування “мембранного” азоту в системах протипожежного захисту об’єктів для ряду азотно-кисневих композицій розраховано значення мінімальних флегматизувальних концентрацій у сумішах з повітрям і продуктами піролізу деревини. Розглянуто суміші, в яких об’ємна частка азоту α становить від 0,92 до 0,96. За основу в розрахунках взято значення відповідних показників для чистого азоту, визначені як показано на рис.2.

Якщо для чистого азоту величину $C_{\phi(C)}^o$ визначено експериментально, то для i -ї азотно-кисневої композиції значення $C_{\phi(C)}^i$ можна з достатньою надійністю розрахувати за методом [6], прийнявши, що об’ємна частка азоту в повітрі нормального складу становить 0,79, за рівнянням

$$C_{\phi(C)}^i = \frac{0,21}{\alpha_i - 0,79} \cdot C_{\phi(C)}^o, \quad (1)$$

де α_i – об’ємна частка азоту в i -й азотно-кисневій суміші.

Дані, одержані шляхом такого розрахунку, наведено на рис.3.

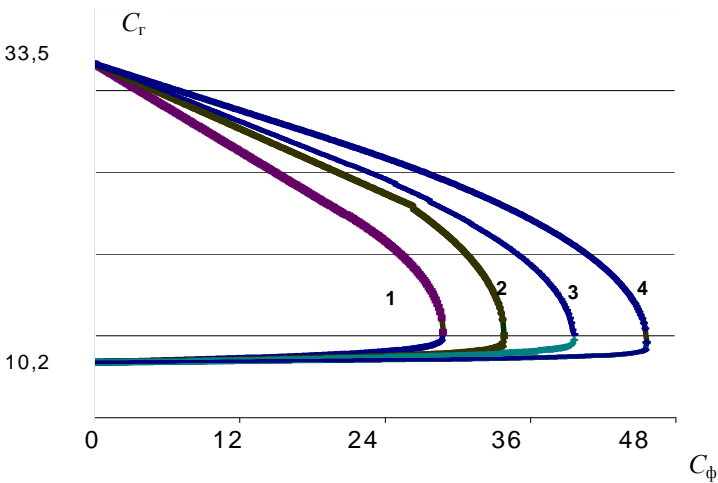


Рис.3 – Результати визначення мінімальних флегматизувальних концентрацій азоту та азотно-кисневих композицій для сумішей повітря з леткими продуктами піролізу деревини:
1 – чистий азот; 2, 3, 4 – азот з домішками кисню 96, 94, 92 % об. відповідно.

Таким чином, за розрахунково-аналітичним методом було визначено концентраційні межі області флегматизування для газових сумішей системи "продукти піролізу деревини – окисник – флегматизатор", що дозволяє оцінити ефективність застосування азоту для флегматизування горючих середовищ.

1.Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. – М.: Химия, 1981. – 271 с.

2.Жартовський В., Бут В., Цапко Ю., Барило О. Дослідження механізму вогнезахисної ефективності деревини просочувальними композиціями // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.55. – К.: Техніка, 2004. – С.219-229.

3.Барило О.Г., Цапко Ю.В., Жартовський В.М. Експериментальні дослідження вогнебіозахисної ефективності композицій для текстильних матеріалів та паперу // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2006. – №1 (13). – С.42-48.

4.Откідач Д.М., Цапко Ю.В., Соколенко К.І. Флегматизування горючих газових середовищ. – К.: Пожінформтехніка, 2005. – 196 с.

5.ДСТУ 3958-2000. Газові вогнегасні речовини. Номенклатура показників. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань. – К.: Держстандарт України, 2000.

6.Цапко Ю.В., Орел В.П., Откідач М.Я., Антонов А.В., Орел Б.П., Откідач Д.М. Застосування розрахунково-експериментального методу визначення параметрів флегматизування горючих газових середовищ в ознобезпечній технології виробництва холодильників // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2002. – №5. – С.62-68.

Отримано 29.01.2007